第 30 卷 第 5 期
2008 年 9 月 (533-539)

地 震 学 报
ACTA SEISMOLOGICA SINICA

Vol. 30, No. 5
Sep., 2008

刘瑞丰，高景春，陈运泰，吴忠良，黄志斌，徐志国，孙丽. 2008. 中国数字地震台网的建设与发展. 地震学报，**30**(5)：533-539.

Liu Ruifeng, Gao Jingchun, Chen Yuntai, Wu Zhongliang, Huang Zhibin, Xu Zhiguo, Sun Li. 2008. Construction and development of digital seismograph networks in China. *Acta Seismologica Sinica*, **30**(5): 533-539.

综 述

中国数字地震台网的建设与发展*

刘瑞丰[1,3),♣] 高景春[2)] 陈运泰[3)] 吴忠良[3,4)]
黄志斌[1)] 徐志国[1)] 孙 丽[1)]

1) 中国北京 100045 中国地震台网中心
2) 中国石家庄 050021 河北省地震局
3) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所
4) 中国北京 100049 中国科学院研究生院地球科学学院

摘要 “十五”(2001—2005 年)期间，中国地震观测系统得到了迅速的发展，中国地震局完成了“中国数字地震观测网络”项目建设，将所有模拟地震观测系统全部进行了数字化改造，并新建了一些数字化地震台站，标志着中国的地震观测已进入数字时代. 本文介绍了新一代国家数字地震台网、区域数字地震台网、火山数字地震台网和流动数字地震台网的规模、布局原则和主要功能.

关键词 地震台网 地震台阵 宽频带

文章编号：0253-3782(2008)05-0533-07 **中图分类号**：P315.78 **文献标识码**：A

Construction and development of digital seismograph networks in China

Liu Ruifeng[1,3),♣] Gao Jingchun[2)] Chen Yuntai[3)]
Wu Zhongliang[3,4)] Huang Zhibin[1)] Xu Zhiguo[1)] Sun Li[1)]

1) *China Earthquake Network Center*, *Beijing* 100045, *China*
2) *Earthquake Administration of Hebei Province*, *Shijiazhuang* 050021, *China*
3) *Institute of Geophysics*, *China Earthquake Administraction*, *Beijing* 100081, *China*
4) *College of Earth Science*, *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*, *Bejing* 100049, *China*

Abstract: The seismological observation system in China has experienced rapid development over the Tenth Five-Year period (2001—2005): The deployment of China Digital Seismological Observation Network program has been completed by China Earthquake Administration. The analog-to-digital conversion is ac-

* **基金项目** 地震行业科研专项(20070824)资助.
收稿日期 2007-12-13 收到初稿，2008-05-06 决定采用修改稿.
♣ **通讯作者** e-mail：liurf@seis.ac.cn

http://www.dizhenxb.org.cn

complished and a number of new digital stations have been built. This indicates that the seismological observation system in China has been entered the digital era. This report presents the scale, layout and main functions of the current National Digital Seismograph Network (NDSN), Regional Digital Seismograph Network, Digital Seismograph Network for Volcano Monitoring and Mobile Digital Seismograph Network.

Key words: seismograph network; seismic array; broadband

引言

中国的数字地震台网建设起步于20世纪80年代. 1983年5月中国地震局与美国地质调查局开始规划设计中美合作的中国数字地震台网(CDSN), 到1986年建成了由北京、佘山、牡丹江、海拉尔、乌鲁木齐、琼中、恩施、兰州、昆明等9个数字化地震台站, 以及CDSN维修中心、数据管理中心组成的我国第一个国家级数字地震台网. 1991年和1995年又分别增设了拉萨和西安2个数字地震台站. 1993—2001年, 中美双方对CDSN进行了二期改造, 使台网的硬件、软件系统符合美国地震学联合研究协会(IRIS)在全球建立的数字地震台网(GSN)的技术规范. 目前, CDSN是GSN的一个重要组成部分(周公威等, 1997).

从1996年开始, 在中央和地方政府的大力支持下, 中国地震局进行了"中国数字地震监测系统"建设. 根据台站均匀分布的原则, 同时又要保证对于一些重点地区的加密观测, 该监测系统分为国家数字地震台网、区域数字地震台网和流动数字地震台网3个层次(庄灿涛等, 2003), 于2000年底建成并投入使用. 国家数字地震台网由48个甚宽频带台站组成, 其中37个台站全部采用中国自行生产的观测仪器, 改造了由中美合作建设的11个台站, 所有台站数据字长均为24位, 记录的波形数据通过卫星实时传输到国家数字地震台网中心; 区域数字地震台网由20个台网、267个数字地震台站组成, 数据字长为16位, 记录的波形数据实时传输当地的区域地震台网中心; 流动数字地震台网由100套流动数字地震仪器组成, 仪器配置与区域数字地震台网一致. 1999—2001年, 建设了实时传输的首都圈(包括北京市、天津市及河北省)数字地震台网. 该台网由107个台站组成, 数据字长为24位. 从2002年起新建成的国家数字地震台网、区域数字地震台网和首都圈数字地震台网进入了稳定的运行时期, 并产出了大量的观测资料.

从2003年起, 中国地震局进行了"中国数字地震观测网络"项目建设, 到2007年底完成了由国家数字地震台网、区域数字地震台网、火山数字地震台网和流动数字地震台网组成的新一代中国数字地震观测系统.

1 国家数字地震台网

国家数字地震台网是一个覆盖全国的地震监测台网, 台站布局采用均匀分布的原则, 由152个超宽频带和甚宽频带地震台站、2个小孔径地震台阵、1个国家地震台网中心和1个国家地震台网数据备份中心组成.

1.1 国家数字地震台站

国家数字地震台站的建设是在原有48个台站的基础上, 新增104个甚宽频带数字地

震台站，使台站数量达到 152 个(含国外 7 个台站)(图 1). 除青藏高原部分地区外，全国大部分地区国家数字测震台站间距达到 250 km 左右，到 2007 年底国内 145 个地震台站已经完成了建设任务. 国家数字地震台站采用超宽频带观测系统与甚宽频带观测系统，观测场地相对比较好，大多数台站有观测山洞.

在国内的 145 个台站中，有 10 个 CDSN 台站使用 STS-1 甚宽频带仪器、STS-2 宽频带仪器、GS-13 短周期仪器和 FBA-23 加速度地震仪器，兰州台的仪器更换为国产 CTS-1 仪器. 有 16 个台站使用我国生产的 JCZ-1 超宽频带地震仪器，有 119 个台站使用 CTS-1、KS2000 和 CMG-3ESPCB(井下仪器)甚宽频带地震仪器.

JCZ-1 甚宽频带地震仪在 360 s—20 Hz 频带内采用速度平坦型设计，在 360 s—3 000 s 频带内采用加速度平坦型设计. CTS-1、KS-2000 和 CMG-3ESPCB 三种宽频带地震仪均采用速度平坦型设计，频带宽度均为 120 s—50 Hz. STS-1 甚宽频带地震仪采用速度平坦型设计，频带宽度为 360 s—8.5 Hz；STS-2 宽频带地震仪采用速度平坦型设计，频带宽度为 120 s—40 Hz；GS-13 短周期仪器的频带宽度为 1 s—30 Hz.

另外，在渤海、东海海域建设 2 个海底试验地震台站，为今后开展海洋地震观测积累经验.

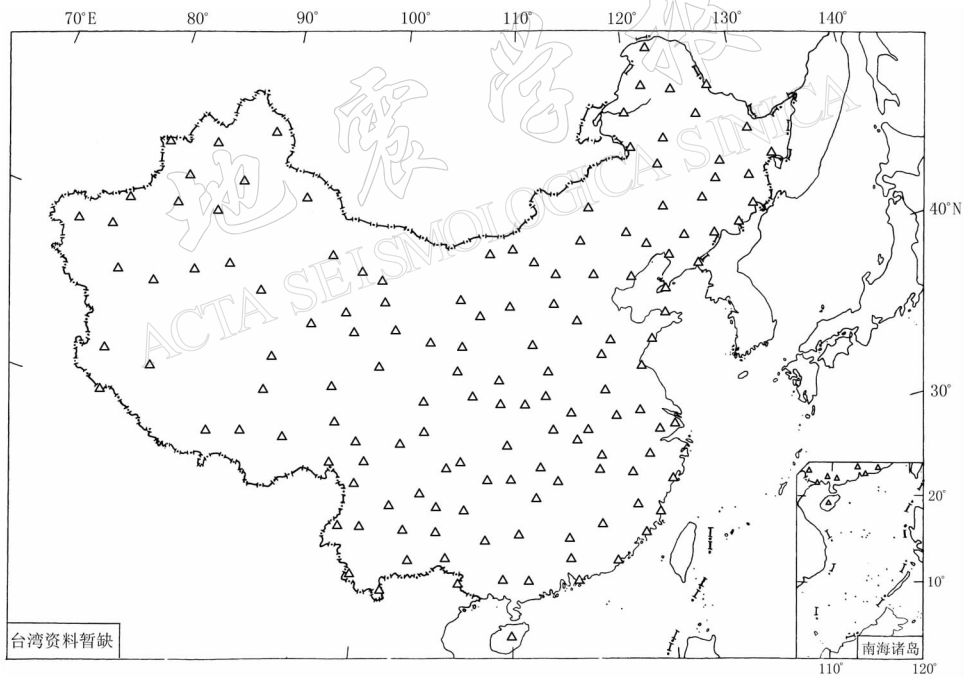

图 1　国家数字地震台站分布示意图(不含国外 7 个台站)

Fig. 1　Distribution of national digital seismic stations(excluding 7 stations abroad)

1.2　小孔径地震台阵

为了加强中国西部地震监测能力，在西藏那曲、新疆和田建设 2 个小孔径台阵(图 2). 每个台阵均采用圆形阵列方式设计技术方案，台阵的孔径为 3 km，由 9 个子台组成，分为阵心(1 个台)、内环(3 个台)、外环(5 个台)，呈近均匀几何分布，内环半径为 500 m 左右，外环半径为 1500 m 左右.

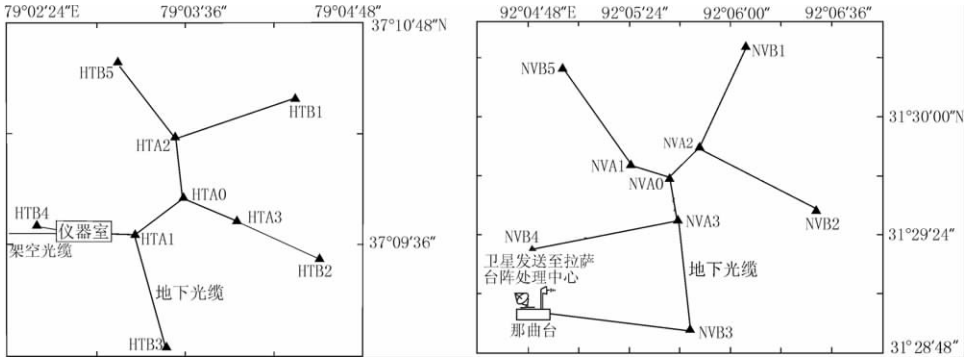

图 2 地震台阵子台布局图.(a) 和田地震台阵;(b) 那曲地震台阵

Fig. 2 Distribution of sub-station of Seismic Arrays

(a) Hetian Seismic Array; (b) Naqu Seismic Array

两个台阵中心台站的仪器都采用 CTS-1 甚宽频带地震计. 那曲台阵的其余台站采用 DS-4D 短周期地震计,和田台阵的其余台站采用 CMG-40T-1 短周期地震计. DS-4D 和 CMG-40T-1 短周期地震计均采用速度平坦型设计,其频带宽度都是 2 s—50 Hz.

子台全部配备 24 位数据采集器,实现了 IP 数据传输和本地存储. 台阵子台实时波形数据分别汇集到西藏地震台网中心和新疆地震台网中心,并转发到国家地震台网中心.

1.3 国家地震台网中心

国家地震台网中心设在中国地震台网中心,是全国的地震数据汇集与转发、地震速报与编目、地震数据管理与服务、测震台网运行监控与技术管理中心.

国家地震台网中心能够实时汇集 145 个国家数字地震台、2 个小孔径台阵、6 个火山台网连续波形数据,准实时汇集 792 个区域数字地震台站的数据,并从美国地质调查局地震信息中心(USGS/NEIC)准实时汇集全球地震台网(GSN)77 个台站的地震波形数据;各区域地震台网中心能够通过国家地震台网中心准实时收集临近区域地震台网部分台站的波形数据,时间延迟在 5 s 之内,能够有效解决网外和网缘地震速报和地震编目问题.

国家地震台网中心通过国家数字地震台站和区域数字地震台站资料的联合应用,能够对中国大陆绝大部分地区的地震监测能力达到 M_L2.5,其中对华北大部分地区、东北、华中、西北部分地区及东部沿海地区地震监测能力达到 M_L2.0,部分地震重点监视防御区、人口密集的主要城市达到 M_L1.5;通过全球地震台网与国家地震台网数据的联合应用,大幅度提高了对我国边境地区和国外地震的速报速度和定位精度. 国家地震台网中心对国内及邻区的 $M_S \geqslant 4.5$ 的地震速报初定位时间不超过 10 分钟,精定位时间不超过 20 分钟;对区域数字测震台网内 $M_L \geqslant 3$ 的地震速报时间不超过 10 分钟;30 分钟之内完成对国内 $M_S \geqslant 4.5$ 地震的震源机制解的速报.

国家地震台网中心已经建立技术比较先进、功能比较齐全、基本能够满足不同用户需求的地震数据管理与服务系统,用户可以通过网站下载国家数字地震台网、各区域数字地震台网的地震事件波形数据、地震目录、震相数据、震源机制解等数据. 该网址为:http://data.earthquake.cn 和 http://www.csndmc.ac.cn(刘瑞丰等,2007).

为了确保国家地震台网中心的数据安全,在中国地震局地球物理研究所建立了国家地震台网数据备份中心,对国家地震台网中心所汇集的实时数据、准实时数据进行在线数据

备份，并依托地球物理研究所地震学和地球内部物理学学科优势，通过系统集成构建高性能、高可靠性的地震数据平台和计算平台，实现面向地震科学研究、面向国家各个行业需求的科学研究产品开发与计算能力.

2　区域数字地震台网

区域数字地震台网是用于监视一个区域地震活动性的地震台网.“十五”项目完成后我国已建立了由 685 个台站组成的 31 个区域数字地震台网，基本覆盖了我国地震活动频繁地区、经济发达地区和人口稠密地区，使我国 31 个省、自治区和直辖市都有一个区域数字地震台网，再加上已经建成的首都圈 107 个区域数字地震台站，台站总数达 792 个，台站之间距离达到 30—60 km，新疆及青藏高原等部分地区间距达到 100—200 km 左右.

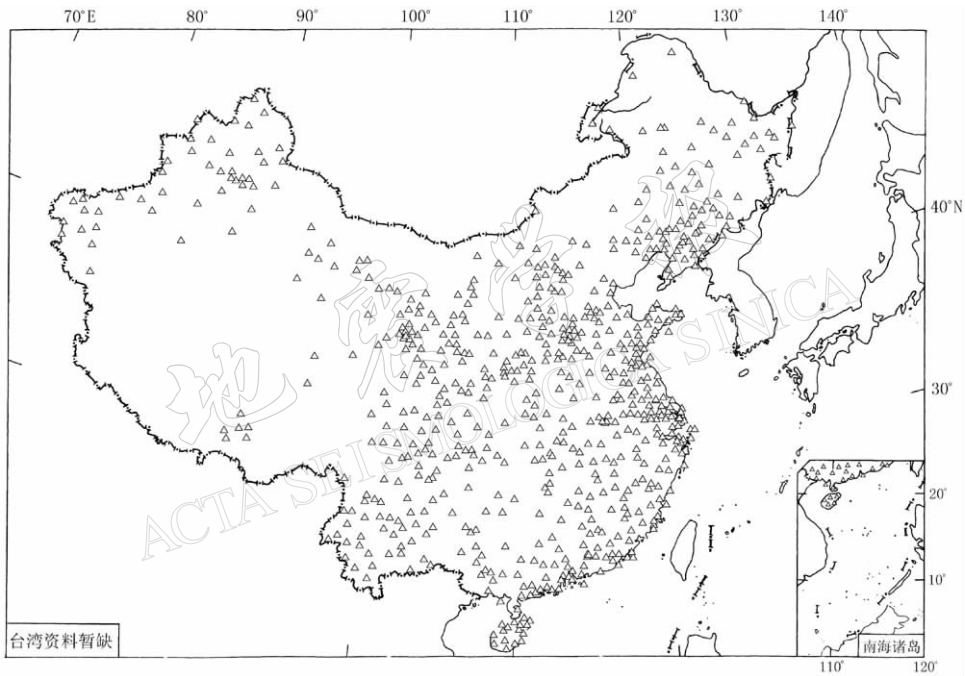

图 3　新建的区域数字地震台站分布示意图

Fig. 3　Distribution of newly deployed regional seismic stations

区域数字地震台站一般采用的是宽频带观测系统与井下短周期观测系统，观测场地主要有地表型与井下型两大类型. 使用的宽频带仪器有 CMG-3ESPC、CMG-3ESPCB、BBVS-60 和 KS-200M，频带宽度为 60 s—50 Hz；使用的短周期仪器有 JDF-2、FSS-3DBH 和 FSS-3B，频带宽度为 2 s—50 Hz. 这些仪器都采用速度平坦型设计.

区域数字地震台网的主要任务是对其网内 $M_L \geqslant 3$ 地震速报初报时间不超过 3 分钟，最终速报时间不超过 15 分钟；对其网内地震监测能力达到 $M_L 2.5$，对地震重点监视防御区、人口密集的主要城市以及东部沿海地区达到 $M_L 1.5$；在各省地震局的组织下编辑台网观测报告，为地震预报、科学研究提供资料服务.

3 火山数字地震台网

目前，全国共有6个火山数字地震台网，共33个数字地震台站. 其中，吉林省长白山火山台网有10个台站，吉林省龙岗火山台网有4个台站，云南省腾冲火山台网有8个台站，黑龙江省五大连池火山台网有3个台站，黑龙江省镜泊湖火山台网有4个台站，海南省琼北火山台网有4个台站.

火山地震台站安装60 s—40 Hz的宽频带地震计或2 s—50 Hz的短周期地震计，采用无人职守、网络监控、准实时数据传输工作方式，可实现对6个火山地区地震监测能力达到 M_L1.0的监控.

4 流动数字地震台网

流动数字测震台网分为地震现场应急流动台网和科学探测台阵两部分，地震仪器的数量为800套.

4.1 地震现场应急流动台网

该台网主要是用在大震前的前震观测和震后的余震监测. 在大地震前作为地震的加密观测，进行高精度的地震定位，对可能发生大地震的区域地震活动背景作动态跟踪监测，为开展区域地震活动性研究和地震预测研究服务；在大地震后用于现场的余震监测，记录大地震后的余震活动变化，为判断地震的发展趋势提供依据，也为进一步研究震源特征、探索地震的发生和发展过程积累基础资料.

购置200套流动数字地震仪器，组建19个地震应急现场流动数字测震台网. 仪器采用60 s—40 Hz的宽频带地震计，或2 s—50 Hz的短周期地震计.

4.2 科学探测台阵

科学探测台阵可以根据不同科学目的，在研究区域内开展不同方式、不同规模的观测. 对于密集台阵，其台站的间距可以达到公里级. 高分辨率观测阵列的记录资料可以得到相应的高分辨率的研究结果. 利用这种高分辨率台阵的记录进行地震定位、震源机制、震源破裂过程和地震成像研究，并可以大大改善研究结果的精度. 作为地球深部高分辨探测的重要手段，科学台阵不但用于地震科学研究，而且为地球科学研究提供了重要工具，在地球科学中具有非常广泛的应用. 科学探测台阵系统建设的总体目标是建成具有国际先进水平的地震科学探测台阵及其支持系统，为地震科学研究提供高水平观测平台和基础数据服务平台.

科学探测台阵系统由6个子系统组成：流动观测仪器系统、观测单元监控管理系统、可控震源系统、流动观测技术保障系统、流动观测数据中心和流动观测实验场. 流动观测仪器系统是科学探测台阵系统的核心部分，由600台GÜRALP地震计、600台REFTEK-130B数据采集器和600套太阳能供电系统组成. 其中，有10台CMG-3T甚宽带地震仪、500台CMG-3ESPC宽频带流动地震仪、90台CMG-40T短周期地震仪；甚宽频带地震仪的频带宽度为120 s—40 Hz，宽频带地震仪的频带宽度60 s—40 Hz，短周期地震仪的频带宽度为2 s—50 Hz. 科学探测台阵系统由中国地震局地球物理研究所运行与管理.

http://www.dizhenxb.org.cn

5　结语

通过“中国数字地震观测网络”项目建设，中国地震监测系统全面完成了从模拟记录向数字记录的转变，建成了由国家数字地震台网、31 个区域数字地震台网、6 个火山地震台网和流动地震台网组成的数字地震观测系统，标志着中国的地震观测已经进入了数字时代. “十一五”期间，要进一步优化观测台网布局，填补空白监测区域，扩大海域观测试验，构建布局更为合理、覆盖我国大陆及周边海域的地震监测系统，初步形成覆盖我国大陆及近海海域的地震活动图象、地球物理基本场、地下物性结构等地震背景场的监测和探测能力，形成地震背景场数据产品加工能力，为地震预测、地球科学研究、国家经济建设和社会公众提供更加丰富的数据服务.

本工作得到国际地震学与地球内部物理学协会(IASPEI)中国委员会的支持和帮助，在此表示衷心感谢.

参　考　文　献

刘瑞丰，蔡晋安，彭克银，单新建，代光辉，田力，庞丽娜，张爱武. 2007. 地震科学数据共享工程[J]. 地震，**27**(2)：9-16.

周公威，陈运泰，吴忠良. 1997. 中国数字地震台网的数据在中国地震学中的应用[J]. 地震地磁观测与研究，**18**(5)：68-79.

庄灿涛，阴朝民，吴忠良. 2003. 数字地震观测技术[M]. 北京：地震出版社：1-15.

地震学报 ACTA SEISMOLOGICA SINICA